

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 809 048

②1 N° d'enregistrement national : 00 06365

⑤1 Int Cl⁷ : B 25 J 18/04

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 18.05.00.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 23.11.01 Bulletin 01/47.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE Etablissement de caractère scientifique techni-
que et industriel — FR.

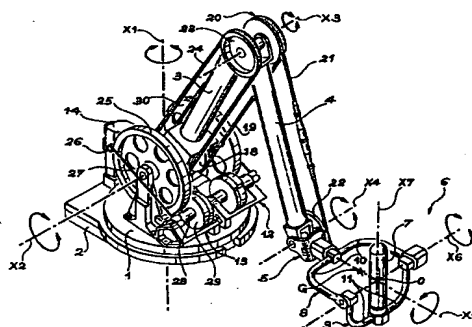
⑦2 Inventeur(s) : RIWAN ALAIN et PONSORT DOMINI-
QUE.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : BREVATOME.

⑤4 BRAS DE COMMANDE.

⑤7 Ce bras maître comprend un poignet (6) maintenu à une inclinaison globale constante par un porte-poignet (5) et une liaison spéciale (18 à 22) qui relie ce dernier à une embase fixe; et les éléments mobiles (7, 8, 9) du poignet (6), qui représentent les degrés de liberté du bras en rotation, ont des axes d'articulation concourants en un point (O). Ainsi, le poignet (6) est équilibré en rotation et exerce un effort constant sur les segments (3, 4) du bras, ce qui permet de les équilibrer facilement. Le bras peut donc rester à une position stable même quand il est relâché; et le découplage des degrés de liberté de translation et de rotation facilite la qualité de la commande et le confort de l'opérateur.



BEST AVAILABLE COPY

FR 2 809 048 - A1



BRAS DE COMMANDE**DESCRIPTION**

5 Le sujet de cette invention est un bras de
commande, et plus précisément du genre des bras maîtres
ou pour commander une simulation de réalité virtuelle.
L'état du bras est relevé par des capteurs de position.
Le bras est actionné normalement à la main et il est
10 généralement muni de moteurs de retour d'effort pour
transmettre à l'opérateur des efforts correspondant aux
interactions, réelles ou simulées, entre le bras
esclave et l'environnement ou aux efforts dynamiques
prenant naissance au sein du bras, sans que ces moteurs
15 soient strictement indispensables.

Si ces bras offrent une grande commodité en
permettant de commander rapidement et aisément un état
voulu par l'opérateur, certains problèmes y
apparaissent toutefois. Les bras de commande complexes
20 reposent sur l'exploitation des six degrés de liberté
de position et d'orientation dans l'espace que peut
prendre l'organe de manipulation situé à l'extrémité
libre du bras, ou sur la plupart d'entre eux. Le bras
doit être composé d'un nombre d'éléments (appelés
25 segments) suffisant pour permettre tous ces mouvements
de l'organe de préhension. Mais l'expérience montre
qu'il apparaît alors des singularités, c'est-à-dire des
positions de l'organe de manipulation qui sont
inaccessibles ou ne correspondent pas à un état
30 déterminé du bras. Les raisons principales de ces
singularités sont des couplages entre les mouvements de

même direction à des jointures successives de segments, et plus généralement des états où les degrés de liberté du bras qui sont libres de se manifester sont trop peu nombreux ou trop nombreux.

5 Les concepteurs de bras se sont ingéniés à réduire le nombre des singularités, mais les agencements qui seraient les plus convenables en cela ne sont pas toujours satisfaisants puisqu'il faut respecter d'autres exigences, et en particulier la légèreté du
10 bras, la faiblesse de l'effort de manipulation et l'équilibrage du bras en toute position sans qu'il s'effondre ou se déforme d'une autre façon dès qu'il est relâché. Il serait concevable de s'opposer à de telles déformations en laissant des frottements
15 importants aux jointures des segments du bras, mais cela rendrait le bras incommode à manipuler et n'est donc pas envisageable. On a aussi envisagé des systèmes à ressort pour équilibrer individuellement les segments du bras, selon l'enseignement du brevet français
20 70 13606. Cette solution serait la meilleure, mais ne semble pas véritablement avoir été appliquée pour des bras complexes puisqu'il faut en réalité équilibrer non seulement le poids d'un segment, mais le moment fléchissant de l'ensemble des autres segments qui le
25 suivent vers l'extrémité libre du bras, et qui est variable puisque cet ensemble est susceptible de se déformer.

Une solution à ces insuffisances des bras connus est pourtant offerte au moyen de l'invention, dont les
30 avantages principaux sont un grand champ de déplacement

sans singularité du bras et que ses éléments principaux restent en équilibre indifférent.

Sous sa forme la plus générale, le bras de commande, comprenant un train de segments finissant sur
5 une embase et un poignet articulé au train de segments à un axe d'articulation, est caractérisé en ce que le poignet est équilibré en rotation par rapport au train.

Cette disposition permet à la fois de séparer nettement les mouvements de commande en translation et
10 en rotation, qui sont effectués respectivement par les segments du train et les éléments du poignet, de part et d'autre du porte-poignet, et de faciliter l'équilibrage du poignet, ainsi que du reste du bras, en rendant constant l'effort exercé par le porte-
15 poignet sur le train de segments. En particulier, certains au moins des segments peuvent alors être équilibrés par des dispositifs statiques à ressort.

Un poignet convenable est composé d'éléments articulés entre eux, notamment à axes de rotation
20 concourants, car le maintien de son centre de gravité à une position constante devient facile à obtenir.

D'une façon plus générale, il est avantageux que le train soit composé de deux segments reliés entre eux et à l'embase par des pivots d'axe horizontal et
25 l'embase soit reliée à un élément fixe par un pivot d'axe vertical : tous les mouvements de translation du bras sont alors autorisés, et l'équilibrage statique des segments par des ressorts devient facile.

On peut toutefois distinguer deux familles
30 principales et bien différentes de modes de réalisation. Dans l'une d'entre elles, le poignet

s'équilibre lui-même autour de son axe d'articulation au train de segments, ce qui donne une construction particulièrement simple mais impose de placer le poignet à côté du train de segments, ou du moins de son
5 extrémité, ce qui est moins agréable pour l'utilisateur. C'est pourquoi les modes de l'autre famille, où le poignet est placé dans le prolongement du train de segments, peuvent être préférés quoiqu'il faille alors ajouter un moyen de rappel, associé à un
10 porte-poignet articulé au train de segments, pour équilibrer le poignet et maintenir constant l'angle qu'il fait avec un plan fixe, et assurer ainsi que le poignet n'exercera pas de mouvement fléchissant variable sur le train de segments, ce qui compliquerait
15 l'équilibrage de ce dernier.

Un tel moyen de rappel convenant pour maintenir constant l'angle du poignet avec un plan fixe comprendrait une succession de poulies disposées à des pivots d'articulation successifs des segments du train,
20 depuis l'embase jusqu'au porte-poignet, et tournant librement autour desdits pivots, sauf deux poulies extrêmes qui sont respectivement reliées à l'embase et au porte-poignet, et des courroies tendues entre les poulies, parallèlement aux segments et formant une
25 chaîne.

L'invention sera maintenant décrite au moyen des figures, dont la figure 1 représente une vue générale du bras et la figure 2 représente une variante d'extrémité du bras.

30 Le bras est monté sur une embase 1 pivotant autour d'un axe vertical X1 sur un support fixe 2. Un segment

de bras 3 tourne sur l'embase 1 autour d'un axe horizontal X2, dont l'orientation dépend des rotations infligées à l'embase 1. Un segment d'avant-bras 4 est articulé au segment de bras 3 en pouvant tourner autour
5 d'un axe X3 (parallèle à X2) en faisant varier l'angle que font ces segments. L'autre extrémité du segment d'avant-bras 4 finit sur l'articulation d'un porte-poignet 5 ; l'axe X4 d'articulation formé entre eux est parallèle aux deux précédents. Après le
10 porte-poignet 5, on trouve les autres éléments d'un poignet 6, à savoir un organe de manipulation constitué ici par une poignée 7, et encore deux étriers 8 et 9, dont le premier est articulé par son centre au porte-poignet 5 autour d'un axe X5, par les extrémités
15 de ses deux branches 10 aux extrémités des branches 11 de l'autre étrier 9 par un axe X6 ; enfin, l'étrier 9 est articulé par son centre à la poignée 7 par un dernier axe X7.

Ce bras présente donc sept degrés de liberté
20 apparents, aux axes X1 à X7, et six réels en excluant X4, comme on va l'expliquer plus loin, et des capteurs tels que des codeurs d'angle sont disposés aux degrés de liberté réels X1, X2, X3, X5, X6 et X7 pour mesurer les angles que font les segments articulés à ces
25 jointures, ou les mouvements de ces segments, pour en déduire des commandes à imposer à un autre appareil, selon une programmation spécifique. Comme rien de nouveau dans l'art antérieur n'est proposé ici à propos de ces capteurs, on ne les décrira pas davantage.

30 Les axes X5, X6, X7 sont concourants en un point O, et les étriers 8 et 9 sont sensiblement symétriques,

de façon que le centre de gravité de l'étrier 8 tombe sur l'axe X5. De plus, le centre de gravité du composé de l'autre étrier 9 et de la poignée 7 tombe sur l'axe X7, et éventuellement sur le point de concours 0, donc
5 aussi sur l'axe X5.

Si le centre de gravité du poignet 6 reste ainsi immobile à un point G de l'axe X5 quels que soient les mouvements qui sont infligés à ses éléments autour des axes X5, X6 et X7, il reste donc à un état d'équilibre
10 indifférent. Le porte-poignet 5 est maintenu à un même angle de site, c'est-à-dire à une même orientation par rapport à un plan horizontal, au moyen d'une transmission décrite ailleurs plus en détail. Il en résulte que le moment fléchissant exercé par le poignet
15 6 est soutenu par cette transmission et que les segments de bras 3 et d'avant-bras 4 ne doivent soutenir que le poids propre du poignet 6, pour toutes leurs positions et toutes celles du poignet 6. Il devient alors facile d'équilibrer le segment
20 d'avant-bras 4 par un dispositif d'équilibrage 12 statique disposé sur l'embase 1 ; un autre dispositif d'équilibrage 13, pareillement disposé sur l'embase 1, sert à équilibrer le segment de bras 3.

Outre cet avantage, le porte-poignet 5 maintenu à
25 une orientation constante par rapport à un plan fixe permet de découpler les degrés de liberté de translation du bras, accomplis par les mouvements de l'embase 1 et des segments 3 et 4, de ceux d'orientation de la poignée 7, accomplis par les
30 mouvements du poignet 6, ce qui simplifie l'apprentissage et la manœuvre du bras tout en

contribuant à éliminer les singularités cinématiques. Il est en effet visible que ces singularités, qui apparaissent surtout quand deux segments ont été mis en prolongement, ne peuvent ici survenir qu'à des états
5 extrêmes d'extension ou de repliement du bras, quand l'angle des segments 3 et 4 devient proche de zéro ou d'un demi-tour.

Le concept de l'invention peut être appliqué à des bras différents, éventuellement moins complexes : il
10 est ainsi fréquent que cinq degrés de liberté de manœuvre suffisent ; on a alors la faculté de bloquer ou de rendre inactive, par exemple, la rotation de la poignée 7 autour de l'axe X7 puisque ce mouvement est le moins commode à accomplir.

15 L'équilibrage statique du bras à l'état relâché est complété par des moteurs de retour d'effort ordinaires qui arrêtent les rotations autour des axes X1, X2 et X3. Un premier (14) est fixé au support 2 fixe et est connecté à l'embase 1 par une courroie
20 tendue autour de celle-ci, un engrenage ou tout autre moyen ; deux autres moteurs, invisibles sur la figure, sont montés sur l'embase 1 et connectés au segment de bras 3 par une poulie 30 et au segment d'avant-bras 4 par une poulie 25, une courroie 24 et une poulie 23
25 placée sur l'axe X3. Ici encore, on ne recourt qu'à des éléments et procédés connus dans l'art et qui ne méritent pas de description plus détaillée.

Il convient au contraire de décrire complètement la façon dont le maintien de l'angle de site (avec un
30 plan horizontal) du porte-poignet 5 est assuré.

Une poulie de référence 18 est disposée sur l'axe X2 d'articulation du segment de bras 3, mais elle reste fixe sur l'embase 1 ; une courroie 19 est tendue entre elle et une poulie de transmission 20 disposée sur l'axe X3 d'articulation des segments de bras 3 et d'avant-bras 4 de façon à tourner librement ; une seconde courroie 21 est tendue entre une autre gorge de poulie de transmission 20 et une poulie de maintien 22 tournant autour de l'axe X4 mais fixée au porte-poignet 5. Il résulte de cette construction que les poulies 20 et 22 ne subissent aucune rotation, pas plus que le porte-poignet 5, puisqu'elles sont reliées à la poulie de référence 18 qui est fixe, quels que soient les mouvements des segments de bras 3 et d'avant-bras 4.

Enfin, l'équilibrage des segments de bras 3 et d'avant-bras 4 est assuré au moins partiellement par des dispositifs à ressort et complété éventuellement par les moteurs à retour d'effort. Un piton 26 est placé à la périphérie d'une joue circulaire de la poulie d'équilibrage 25, et un câble 27 lui est attaché ; son extrémité opposée est enroulée autour d'un arbre 28 parallèle à l'axe X2, et qui est retenu en rotation par un ressort spiral 29 accroché entre lui et l'embase 1. Quand l'inclinaison du segment d'avant-bras 4 est modifiée, les poulies 23 et 25 tournent et la longueur déroulée du câble 27 est modifiée, ce qui accroît ou diminue proportionnellement l'effort dans le ressort spiral 29 en raison de la rotation de l'arbre 28. Le câble 27 joue alors le même rôle qu'un ressort droit qui serait tendu entre le piton 26 et l'arbre 28, de sorte que l'enseignement du

brevet français 70 13606 cité plus haut devient applicable : en choisissant convenablement la constante du ressort spiral 29, le segment d'avant-bras 4 peut être équilibré quelle que soit son inclinaison ; la
5 position du piton 26 est choisie pour que la longueur déroulée du câble 27 soit maximale quand le segment d'avant-bras 4 exerce le mouvement fléchissant le plus élevé (quand il est en position horizontale).

Le dispositif d'équilibrage 12 du segment de bras
10 3 est semblable et comprend aussi un ressort spiral, un arbre, un câble, un piton et une poulie (portant la référence 30 sur la figure) tournant autour de l'axe X2, mais celle-ci est fixée au segment de bras 3.

L'addition des dispositifs statiques d'équilibrage
15 12 et 13 et allège le bras en permettant de n'employer que des moteurs de retour d'efforts plus petit pour équilibrer le bras autour des axes X2 et X3, où les efforts à équilibrer sont précisément les plus importants.

20 Une autre réalisation de l'invention sera à présent évoquée au moyen de la figure 2, qui diffère de la précédente à l'endroit du poignet 106 et de son raccordement au segment d'avant-bras 104 : le porte-poignet est ici omis, et un premier étrier 108
25 est directement montée en rotation autour de l'axe X104 transversal au bout du segment d'avant-bras 104, tout comme l'axe X4 précédent. Un second étrier 109 est articulé au premier 108 autour d'un axe X106, et une poignée 107 pivote sur le second étrier 109 autour d'un
30 axe X107. Le principe de la monture gyroscopique, aux trois axes X104, X106 et X107 concourants, est conservé

pour la commodité de la manœuvre du poignet et la facilité de l'équilibrage. Il est encore utile, pour satisfaire à cet avantage-là, que le point de concours 0 des trois axes soit dans l'alignement de la portion principale du segment d'avant-bras 104, ce qui incite à disposer le poignet 106 sur une extrémité déjetée 140 du segment 104. Il convient que le centre de gravité G du poignet 106 soit situé sur l'axe X104 pour qu'il exerce un effort invariable sur le segment d'avant-bras 104, ce qui peut être obtenu en plaçant un contrepoids 139 sur le premier étrier 108, au bout d'une branche 110 opposée à celle 210 qui porte le second étrier 109 et la poignée 107 ; avantageusement, le centre de gravité commun de ces deux éléments peut être placé sur l'axe X106 pour que le second étrier 109 soit aussi en équilibre indifférent. Les dispositifs d'équilibrage 12 et 13 à ressort de la réalisation précédente peuvent alors être conservés.

La portion du bras qui n'est pas représentée et comprend une partie du segment d'avant-bras 104 et les autres éléments situées vers le support fixe 2 est inchangée par rapport à la réalisation précédente, sauf que les poulies 18 et 20 sont omises comme la poulie 22 et les courroies 19 et 21 puisque le poignet 106 est en équilibre indifférent autour de l'axe X104 du fait de sa construction.

On notera que l'extrémité du bras est dissymétrique. La disposition représentée est très bonne pour les manœuvres du bras droit, mais convient bien moins pour celles du bras gauche. Il est donc concevable d'utiliser un dispositif inverseur du

poignet 106, tel qu'un tourillon 141 auquel l'extrémité déjetée 140 est suspendue et qui l'unit au reste du segment d'avant-bras 104.

REVENDICATIONS

1. Bras de commande comprenant un train de segments (3, 4 ; 104) finissant sur une embase (1), et
5 un poignet (5, 6 ; 106) articulé au train de segments à un axe d'articulation (X4 ; X104), caractérisé en ce que le poignet est équilibré en rotation par rapport au train de segments.

2. Bras de commande suivant la revendication 1,
10 caractérisé en ce que certains au moins des segments sont équilibrés par des dispositifs statiques (12, 13) à ressort, dépourvus de moteur.

3. Bras de commande suivant l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le poignet
15 est composé d'éléments (7, 8, 9, 5 ; 107, 108, 109) articulés entre eux.

4. Bras de commande suivant la revendication 3, caractérisé en ce que les éléments du poignet sont articulés entre eux autour d'axes concourants (X5, X6,
20 X7 ; X106, X107).

5. Bras de commande suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le poignet s'équilibre lui-même autour de son axe d'articulation (X104) au train de segments.

25 6. Bras de commande suivant les revendications 4 et 5, caractérisé en ce que les axes concourants (X106, X107) ont un point de concours (0) aligné avec une portion principale d'un des segments (104), ledit segment comprenant encore une portion déjetée
30 latéralement (140) à laquelle le poignet (106) est articulé.

7. Bras de commande suivant la revendication 6, caractérisé en ce que la portion déjetée (140) est montée pivotante sur la portion principale du segment (104).

5 8. Bras de commande suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le poignet est articulé au train de segments par un porte-poignet (5), qu'un moyen de rappel (18 à 22) maintient à un angle constant par rapport à un plan fixe.

10 9. Bras de commande suivant les revendications 3 et 8, caractérisé en ce que les éléments du poignet comprenant deux étriers (8, 11), respectivement articulés au porte-poignet (5) et à un organe de manœuvre (7) du bras par leurs centres et entre eux par
15 des extrémités de branches (10, 11).

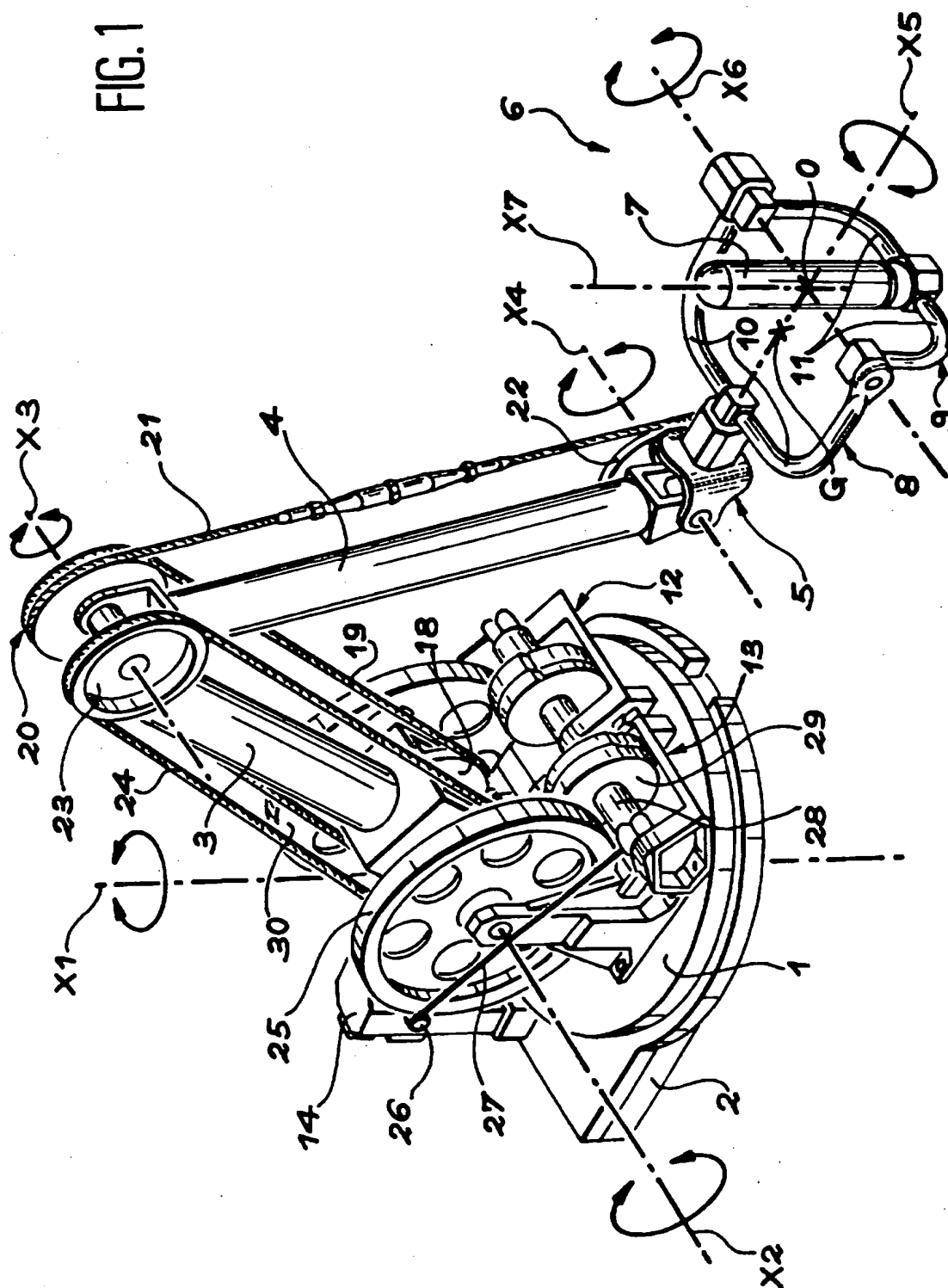
10. Bras de commande suivant l'une quelconque des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que le moyen de rappel comprend une succession de poulies (18, 20, 22) disposées à des pivots d'articulation successifs
20 (X2, X3, X4) des segments (3, 4) du train, depuis l'embase (1) jusqu'au porte-poignet (5), des courroies (18, 21) étant tendues entre des paires de poulies en formant une chaîne parallèle aux segments, les poulies tournant librement, sauf deux poulies d'extrémité qui
25 sont respectivement fixées à l'embase (1) et au porte-poignet (5).

11. Bras de commande suivant l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le train est composé de deux segments (3, 4) reliés entre eux et
30 à l'embase par des pivots (X2, X3) d'axe horizontal et

l'embase est reliée à un élément fixe (2) par un pivot (X1) d'axe vertical.

12. Bras de commande suivant les revendications 2 et 11, caractérisé en ce que les deux segments sont
5 équilibrés par lesdits dispositifs statiques respectifs, disposés sur l'embase (1).

FIG. 1





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

2809048

N° d'enregistrement
nationalFA 591084
FR 0006365

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	FR 2 559 283 A (UNIV LIMOGES) 9 août 1985 (1985-08-09) * figures 1-3 * * page 6, ligne 2 - ligne 28 * * page 7, ligne 25 - page 8, ligne 19 *	1,3-5,8, 11	B25J18/04
Y		2,9,10, 12	
A		6,7	
Y	US 3 350 956 A (GENERAL DYNAMICS CORP.) 7 novembre 1967 (1967-11-07) * figure 1 * * page 1, ligne 69 - page 2, ligne 11 *	9	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 02, 30 janvier 1998 (1998-01-30) -& JP 09 272082 A (NIPPON STEEL CORP.), 21 octobre 1997 (1997-10-21) * abrégé; figure 1 *	2,10,12	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 440 (M-1310), 14 septembre 1992 (1992-09-14) -& JP 04 152081 A (HITACHI LTD), 26 mai 1992 (1992-05-26) * figure 2 *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) B25J G05G B64C
A	US 5 625 576 A (MASSIE THOMAS H ET AL) 29 avril 1997 (1997-04-29) * abrégé; figure 1 *	1-12	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 janvier 2001		Lumineau, S	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.